

# PRV

PATENT- OCH REGISTRERINGSVERKET  
Patentavdelningen

RECEIVED 15 DEC 2006

PCT/E 03/00871  
10/518126 #2

## Intyg Certificate

Härmed intygas att bifogade kopior överensstämmer med de handlingar som ursprungligen ingivits till Patent- och registreringsverket i nedannämnda ansökan.

This is to certify that the annexed is a true copy of the documents as originally filed with the Patent- and Registration Office in connection with the following patent application.

(71) Sökande Covial Device AB, Helsingborg SE  
Applicant (s)

(21) Patentansökningsnummer 0201927-1  
Patent application number

(86) Ingivningsdatum 2002-06-20  
Date of filing

REC'D 03 JUL 2003

WIPO

PCT

Stockholm, 2003-06-10

För Patent- och registreringsverket  
For the Patent- and Registration Office

  
Görel Gustafsson

Avgift  
Fee

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

PATENT- OCH  
REGISTRERINGSVERKET  
SWEDEN

Postadress/Adress  
Box 5055  
S-102 42 STOCKHOLM

Telefon/Phone  
+46 8 782 25 00  
Vx 08-782 25 00

Telex  
17978  
PATOREG S

Telefax  
+46 8 666 02 86  
08-666 02 86

BEST AVAILABLE COPY

**SENSOR**

Ink. t. Patent- och reg.verket

2002 -06- 2 0

Huvudfaxen Kassar

**Tekniskt område**

- 5 Föreliggande uppfinning hänför sig till ett sätt och en anordning för avkänning och indikering av såväl temporära som bestående tillståndsavvikelser i form av inre materialsvängningar i real-tid i detaljer av betydelse för hårdvarukonstruktion såsom tex. vid prototypprovning, inom befintlig produktionsutrustning, tex. maskinutrustning inom industrin, eller övervakning av sedan tidigare uppbyggd
- 10 infrastruktur.

**Bakgrund**

- Senare års utveckling inom mikroelektronikområdet, framförallt framkomsten av med tiden allt kraftigare minnen för datorer, har medfört att på marknaden
- 15 förekommande givare eller sensorer av skilda slag, såsom accelerometrar, utböjnings/deformationsindikatorer, indikatorer för akustisk emission osv., vilka är avsedda för mätning av storheter av betydelse för produkters dimensionering vid konstruktion, visat sig vara alltför komplicerade till sin uppbyggnad och därmed alltför utrymmes- och kostnadskrävande för applicering i den omfattning som
- 20 modern hårdvarukonstruktion i allt större omfattning kräver och som i synnerhet modern mjukvara medger.

**Uppfinningen i korthet**

- Därför är det ett huvudändamål med föreliggande uppfinning att åstadkomma ett
- 25 sätt vid ett givareelement eller sensor och en dito anordning, vilka principmässigt är ytterst enkla och därmed är så utrymmessnåla till sin uppbyggnad att tidigare otänkbara givar- eller sensorkonfigurationer kan uppnås, samtidigt som det ger möjlighet till mätning med betydligt större känslighet och noggrannhet inom vidare områden än tidigare och dessutom mätning av tidigare svårdetekterbara storheter
- 30 möjliggörs.

Ett ytterligare ändamål med uppfinningen är att åstadkomma en sensoranordning som har en så liten egenmassa att den storhet anordningen har till uppgift att detektera ej kan påverkas därav.

Ink. t. Patent- och reg.verket

7002 -66- 2 0

Huvudfaxen Kessan

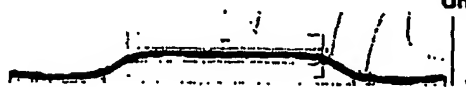
**Detaljerad beskrivning****Glaskross****Funktionsprincip**

- 5 Givaren består av ett amorft ferromagnetiskt material som har egenskapen att den kan ges extremt hög permeabilitet,  $5000 < \mu < 200000$ , samtidigt som den, för vissa legeringssammansättningar, har en relativt hög magnetostriktion,  $5 < \lambda_{sat} < 40$  ppm. Sammantaget så ger detta ett material med en mycket hög magneto-elastisk koppling och lämpar sig därför utmärkt som sensormaterial.
- 10 Genom att använda ett band c:a  $3 \times 10$  mm som klipps ut ur ett ark amorft material med tjockleken  $22 \mu\text{m}$  och därefter limmas på ett godtyckligt material, så kan föjningar i materialet detekteras. Det amorfa materialet kan ges olika egenskaper genom att klippa det med olika riktningar i förhållande till valsningsriktningen, här har använts längs och tvärs valsningsriktningen.
- 15 Materialparametrarna kan också ändras genom att värmebehandla materialet i magnetfält i temperaturer nära men under kristallisationstemperaturen. I fallet med glaskrossning och allmän akustisk emission så detekteras den magnetiska flödesförändringen genom att en mångvarvig spole lindas runt bandet, se Figur 1 och Figur 2.

20

**Figur 1. Sensor för akustisk emission fotografert på ett millimeterpapper.**

Plastinkapsling  
280-varvig spole  
Amorft band  
Limfog  
Underlag

**Figur 2. Principskiss på sensor för att detektera akustisk emission.**

Inlämnad och reg.verket  
2002-06-20  
Huvudfaxen Kössen

## Teori

För att detektera högfrekventa signaler är det fördelaktigt och enkelt att bara detektera flödesförändringen och anta att den är proportionell mot storleken av deformationen på bandet. Detta innebär att ett magnetiskt väldefinierat utgångstillstånd måste uppnås eftersom ett omagnetiserat band inte ger någon flödesförändring vid töjningsförändring.

För att uppnå ett magnetiserat grundtillstånd så räcker i princip det jordmagnetiska fältet på 30-60  $\mu\text{T}$  (20-40 A/m), däremot så är det opraktiskt att behöva ha koll på riktningen och storleken på det jordmagnetiska fältet när en givare skall monteras och kalibreras.

Det finns två sätt att uppnå ett bra initialtillstånd:

1. Mjukmagnetisk kapsling och DC-ström genom pick-up spolen.
  2. Mjukmagnetisk kapsling och Biasmagnetisering med permanentmagnet.
- 15 Storleken på fältet bör vara så att magnetiseringen blir 0.2-0.7 T, vilket innebär att det magnetiserande fältet i bandet skall vara i storleksordningen 2-56 A/m. Storleken på fältet kan överslagsmässigt räknas fram genom formeln

$$H = \frac{B}{\mu_0 \cdot \mu}$$

där H är magnetiserande fält, B är magnetisk flödestäthet, permeabiliteten för fria rymden  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Vs/Am och den relativa permeabiliteten  $\mu$  för, i detta fall, det amorf bandet.

Mätsignalen fås genom att detektera flödesförändringen i bandet p.g.a. töjning/kompression. För det linjära fallet så bör följande kopplade ekvation beskriva funktionen:

$$25 \quad \Delta B = d \cdot \Delta \sigma + \mu_0 \cdot \mu \cdot \Delta H$$

Där  $\sigma$  betecknar mekanisk spänning och d är den magneto-elastisk kopplingskoefficienten. Prefixet  $\Delta$  betecknar förändring från ursprungsvärdet. Materialparametern d kan approximeras genom att ta maximal magnetostriktion vid konstant mekanisk spänning,  $\Delta \sigma = 0$ , dividerat med magnetiserande fält vid magnetisk mättnad, d.v.s.

$$\frac{\lambda_{\max}}{H_{\max}} = d$$

eftersom

$$\Delta \lambda = \frac{\Delta \sigma}{E^H} + d \cdot \Delta H$$

35 vilket med  $\lambda_{\max} = 35 \cdot 10^{-6}$  och  $H_{\max} = 200$  A/m ger kopplingsfaktorn  $d = 1.75 \cdot 10^{-7}$  m/A, ett mycket högt värde för all typ av magneto-elastisk koppling.

Den utsignal som kan förväntas är proportionell mot flödesförändringen och den mekaniska spänningen

$$U(t) = N \cdot A \cdot \frac{dB}{dt}$$

där N är antal varv i pick-up spolen och A är det amorf bandets tvärsnittsarea.

40 Genom antagandet att  $\Delta H = 0$  så gäller följande ekvationer:

$$\begin{cases} \Delta \sigma = \Delta \lambda \cdot E^H \\ \Delta B = d \cdot \Delta \sigma \end{cases}$$

där  $E^H$  är elasticitetsmodulen vid konstant magnetiserande fält. Övergång till frekvensplanet samt utnyttjande av ekvationerna ovan ger:

$$\dot{U} = [N \cdot A \cdot \omega \cdot d \cdot \Delta \lambda \cdot E^H]$$

där  $\omega$  är vinkelfrekvensen i rad/sek. Cirumflexet anger ett amplitudvärde avses.

- 5 Med antagandet att elasticitetsmodulen är i storleksordningen 100 GPa så bör töjningen i sensorn vid 100000 kHz vara i storleksordningen 0.0025 ppm för fallet P1\_2, se Figur 4 och Figur 5 mittan.

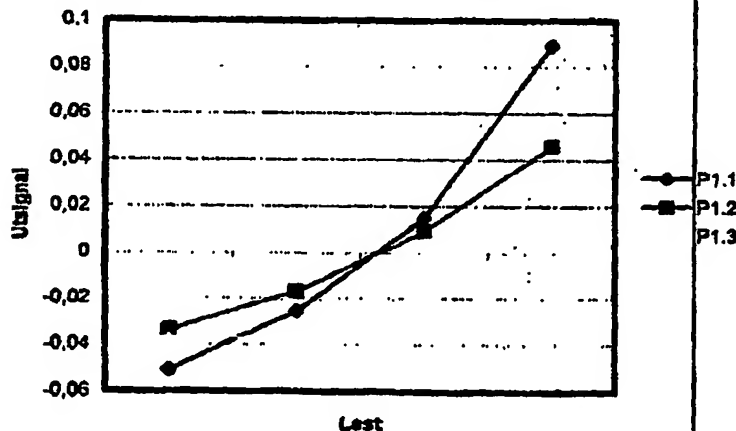
### Mätresultat

- 10 Initiala försök med sensorer fastlimmade på en glasruta visar att vibrationer i frekvensområdet 40 kHz – 1 MHz kan detekteras. Följande jämförande test har utförts:

Tabell 1. Beskrivning av givare

Sensor	Bandets orientering	Antal varv	Kommentar	Statisk obelastad Permeabilitet [mH]
P1_1	Tvårs	280	Tjock limfog	158
P1_2	Tvårs	280		60
P1_3	Längs	280	Tjock plastinkapsling	32

- 15 Testet har utförts genom att hörnet på glasskivan har brutits av och utsignalen registrerats med c:a 100 ggr förstärkning.



Figur 3. Mätning av induktansförändring för positiv och negativ töjning.

- 20 Figur 3 visar induktansförändringen vid olika töjningar för sensorerna P1\_1, P1\_2 och P1\_3. Här framgår tydligt att P1\_1 och P1\_2, som har band som skurits ut i tvärsriktningen, har högst magneto-elastisk koppling. Dessa två prov uppvisar också en betydligt högre permeabilitet. Detta visas också vid glasskrossförsök där signalnivåerna vid liknande excitering blir högre för P1\_1 och P1\_2. P1\_2 uppvisar ett betydligt bredbandigare signalspektra jämfört med P1\_1 och P1\_3. Detta kan antagligen förklaras med de större limmängderna, se Tabell 1

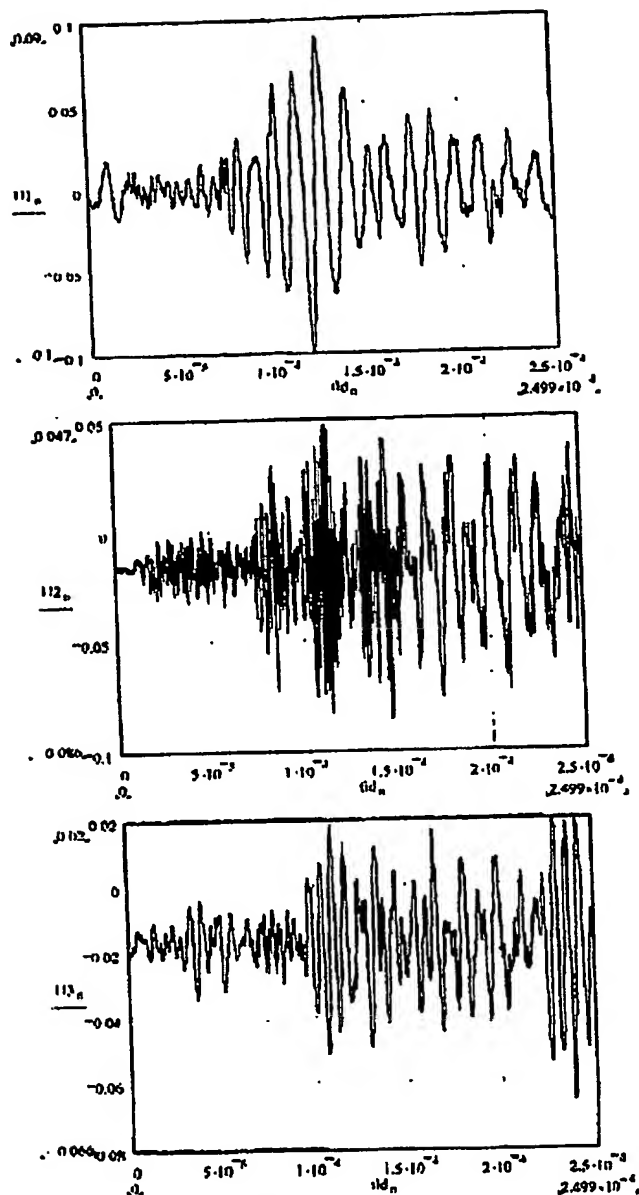
+4640122611

5

Ink. t. Patent- och reg.verket

7002 -06-20

Huvudboxen Kostas



5 Figur 4. Överst PI\_1, mitten PI\_2 och underst PI\_3, tidssignal från givarna.

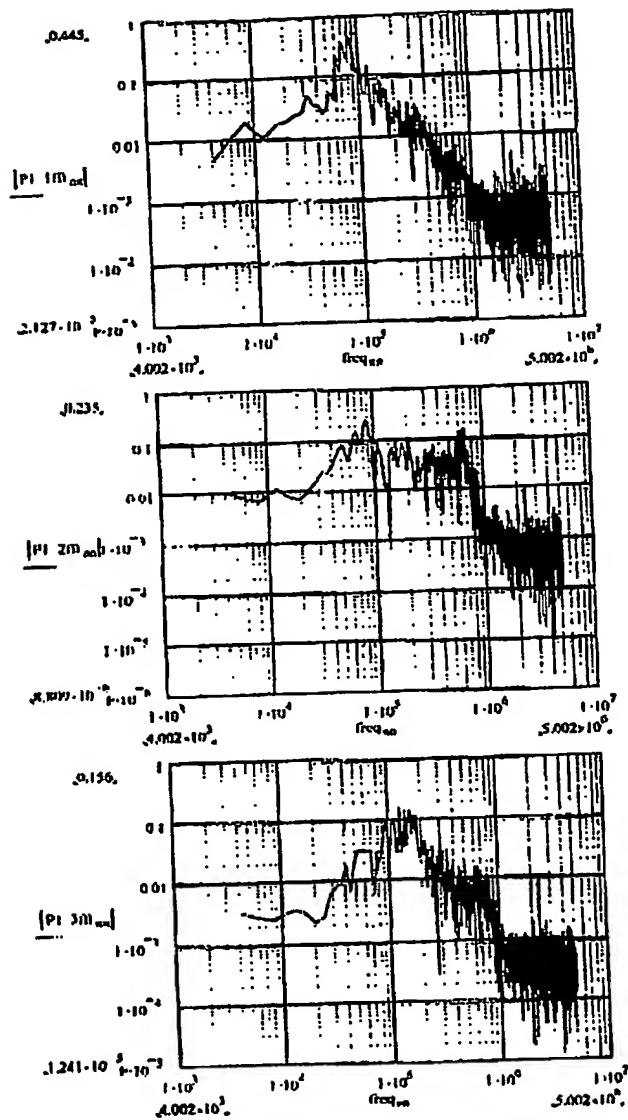
+4640122611

6

Ink. t. Patent- och reg.verket

2002-05-20

Huvudföresen Kassen



Figur 5. Frekvensspektra över utsignalerna vid avbrytning av glas för; överst P1\_1, mitten P1\_2 och underst P1\_3.

Inkl. Patent- och reg.verket  
9502-95-20  
Huvudfören Kassa

## Utveckling av första prototyp för generell accelerometer med äkta statisk mätning

5



### Funktionsprincip

- 10 Givaren består av ett amorft ferromagnetiskt material som har egenskapen att den kan ges extremt hög permeabilitet,  $5000 < \mu < 200000$ , samtidigt som den, för vissa legeringssammansättningar, har en relativt hög magnetostraktion,  $5 < \lambda_{rel} < 40$  ppm. Sammantaget så ger detta ett material med en mycket hög magneto-elastisk koppling och lämpar sig därför utmärkt som sensormaterial.
- 15 Givaren är sammansatt av två amorfa band med storleken 3-16-0.022 mm. Banden är limmade vid ett fästblock, se

- Figur 6. Vid fästblocket så är en spole lindad kring varje band. Spolarna är inkopplade i en halvbygga, se Figur 7. Genom att ansluta spolarna p.s.s. att en
- 20 likadan förändring i båda banden inte ger någon signal, så kan en stor okänslighet mot temperatur och andra symmetriska störningar uppnås. Vid böjning av "balken", som utgörs av de två amorfa banden och ett mellanliggande plastband, så fås en töjning i ena bandet samt en hoptryckning i det andra bandet. Utsignalen från spolarna kommer då att vara motsatt, d.v.s. en ökning av induktans (permeabilitet)
- 25 vid töjning samt en minskning vid hoptryckning.



4640122611

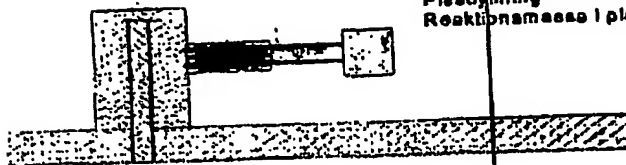
8

Fästskruv  
Fästblock  
Pick-up spolar  
— Amorfa band  
Plethylining  
Reaktionsmassa i plast

Ink. t. Patent- och reg.verket

2002-05-20

Huvudfaxen Kossan



Figur 6. Principskiss för en möjlig realisation av en accelerometer baserad på amorf material.

- 5 Reaktionsmassan, som sitter i änden av böjbalken ger ett böjande moment som är proportionellt mot accelerationen, längden på balken och massan. Detta ger naturligtvis möjlighet att anpassa accelerometern till nästan vilken maxacceleration som helst. Frekvensprestandan bestäms i huvudsak av balkens styvhet samt reaktionsmassans massa.

$$U = 2 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot 20000 \cdot t) \cdot V$$

Spole 1

Spole 2



Balanseringspotentiometer

Instrumentförstärkare

Aktiv filter

LP-filter

Figur 7. Inkoppling och principiell signalbehandling för accelerometern.

### Teori

- 15 Eftersom denna givare skall ha äkta statisk mätning så kan inte mätprincipen grundas på inducerade spänningar som resultat av flödesförändringar. I detta fall krävs att bandets relativa permeabilitet mäts med en bärvåg som bör ha en frekvens c:a 10 ggr högre än förväntad bandbredd hos accelerometern.

För det linjära fallet så bör följande kopplade ekvation beskriva funktionen:

$$20 \quad \Delta B = d \cdot \Delta \sigma + \mu_0 \cdot \mu \cdot \Delta H$$

där H är magnetiserande fält, B är magnetisk flödestäthet, permeabiliteten för fria rymden  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Vs/Am och den relativa permeabiliteten  $\mu$  för, i detta fallet, det amorf bandet.

- 25 Vidare står  $\sigma$  för mekanisk spänning och d är den magneto-elastiska kopplingskoefficienten. Prefixet  $\Delta$  betecknar förändring från ursprungsvärdet. Materialparametern d kan approximeras genom att ta maximal magnetostraktion vid konstant mekanisk spänning,  $\Delta \sigma = 0$ , dividerat med magnetiserande fält vid magnetisk mättnad, d.v.s.

$$\frac{\lambda_{\max}}{H_{\max}} = d$$

eftersom

$$\Delta\lambda = \frac{\Delta\sigma}{E^H} + d \cdot \Delta H$$

vilket med  $\lambda_{\max}=35 \cdot 10^{-6}$  och  $H_{\max}=200$  A/m ger kopplingsfaktorn  $d=1.75 \cdot 10^{-7}$  m/A, ett mycket högt värde för all typ av magneto-elastisk koppling.

Den mätstorhet som är av intresse här är alltså permeabiliteten som funktion av töjning. Genom att anta att ett väldefinierat magnetiskt tillstånd har kunnat uppnås, d.v.s. konstant och känt magnetiserande fält, så kan, med omskrivning av ekvationerna ovan, ändringen i magnetisk flödestäthet tecknas som:

$$\Delta B = d \cdot E'' \cdot \Delta\lambda$$

Alltså ändringen i magnetisk flödestäthet är proportionell mot töjningen i bandet med proportionalitetskonstanten  $d \cdot E^H$  som, med  $E^H=100$  GPa, blir ungefär  $1.75 \cdot 10^{-4}$  T.

Antag att spolarna är kopplade i en halvbygga och att vi har en töjning på 10 ppm i det ena bandet samt en hoptryckning på 10 ppm i det andra bandet. Eftersom H-fältet kan antas konstant samt att ändringen i B-fält är proportionell mot ändringen i permeabilitet och givetvis också mot induktansen i spolarna, innebär detta att utsignalen från den balanserade byggen blir

$$\Delta U = 1.75 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 10 \cdot 10^{-6} = 0.35 \text{ V}$$

Detta är en utsignal som är så stor att den inte behöver förstärkas.

### Mätresultat

Varje spole har 800 varv, vilket ger induktansen 8.2 mH. Halvbyggen matas med en sinusformad spänning med amplituden 4.4 V och 19.3 kHz. Eftersom spolarna är seriekopplade så innebär detta att bryggimpedansen kan hållas i storleksordningen 10 kΩ, vilket är en bra anpassning för att drivas med operationsförstärkare.

För kalibrering av givarna så används jordens gravitationskraft på 9.81 G. Detta ger en känslighet på 35 mV/G. Givarna verkar mättas vid c:a 1 V vilket innebär att det linjära området är c:a  $\pm 0.5$  V vilket är ekvivalent med  $\pm 14$  G. Resonansfrekvensen, som kan räknas ut som:

$$f_{\text{res}} = \sqrt{\frac{k}{m}} \cdot 2\pi$$

har genom att studera ett impulssvar, mätts upp till c:a 80 Hz, se Figur 8.

Ink. t. Patent- och reg.verket

2002-05-20

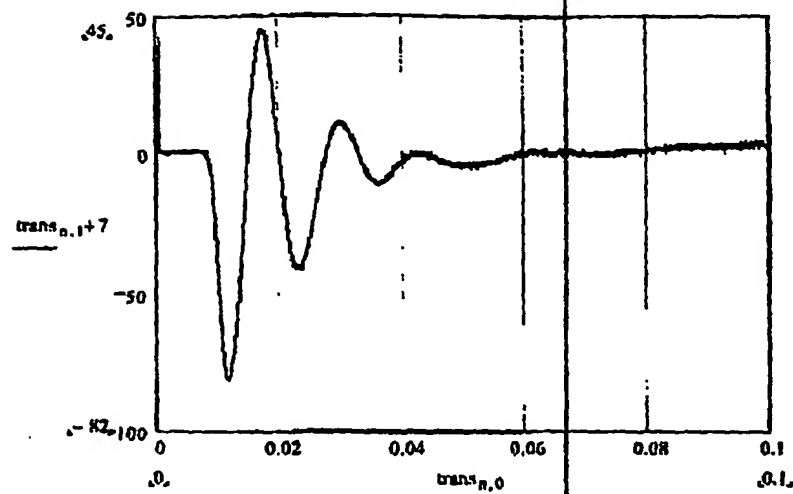
Huvudkontoret

Ink. i Patent- och registrerings-

2002-05-20

Huvudfaxen Kassa

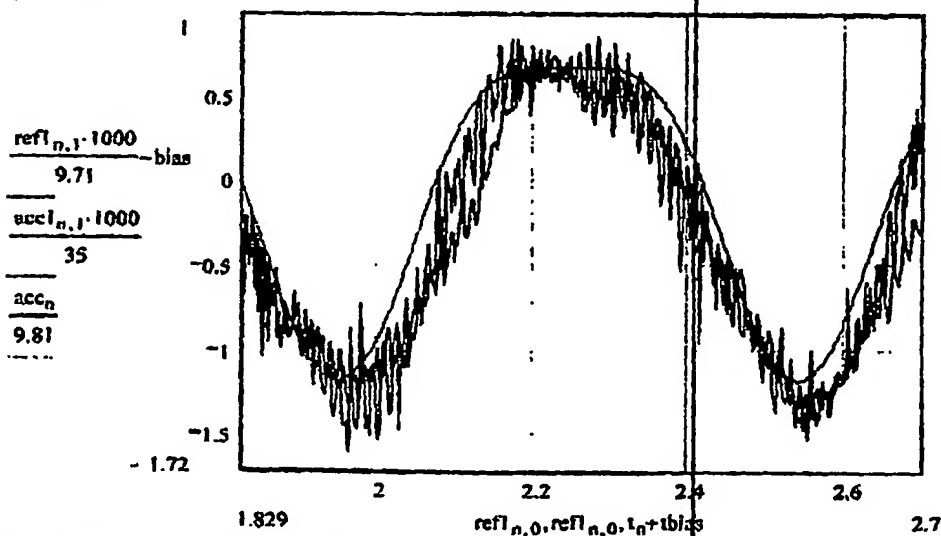
10



Figur 8. Impulsvar för accelerometern.  
Y-axel/utsignal [mV], X-axel/tid [s].

#### Mätningar i accelerometerprovutrustning

- 5 För att undersöka linjäritet, och till viss del frekvensprestanda, så har mätningar utförts i accelerometerprovutrustningen. Gemensamt för Figur 9, Figur 10, Figur 11 och Figur 12 är att röd kurva visar utsignalen från referensaccelerometern, blå kurva visar signalen från prototypaccelerometern medan den gröna kurvan visar den analytiskt simulerade accelerationen som bör vara exakt rätt. Skalan på axlarna är för y-axeln acceleration i G och för x-axeln tid i sekunder. Genomgående så har c:a 1.5 period redovisats.
- 10



Figur 9. Mätning utförd vid 1.7 Hz.

20 JUN '2002 17:45 +4640122611

L A AROTH CO I MALMOE  
+4640122611

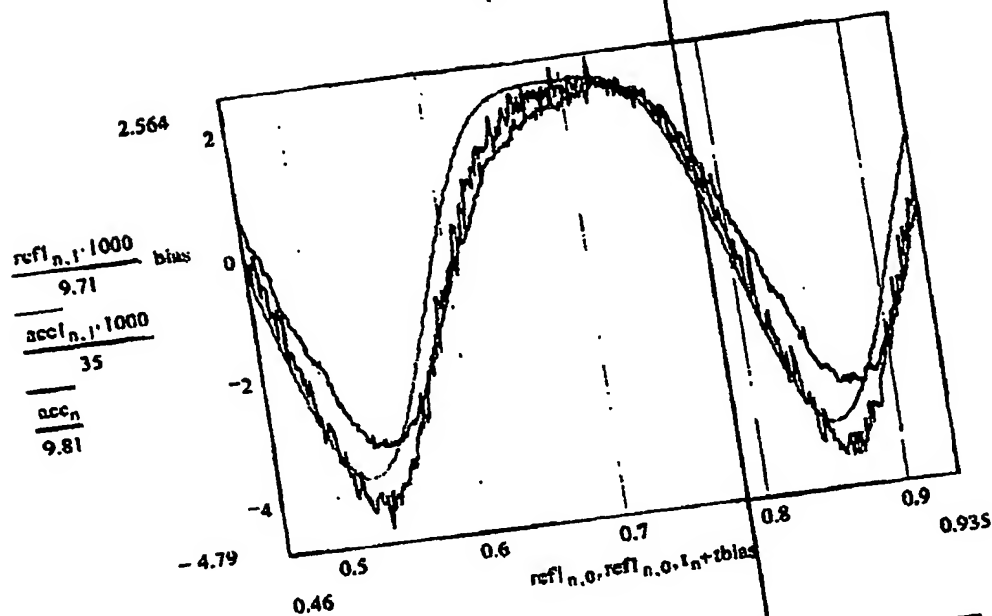
#3459 P.013/020

Ink t. P. 013/020

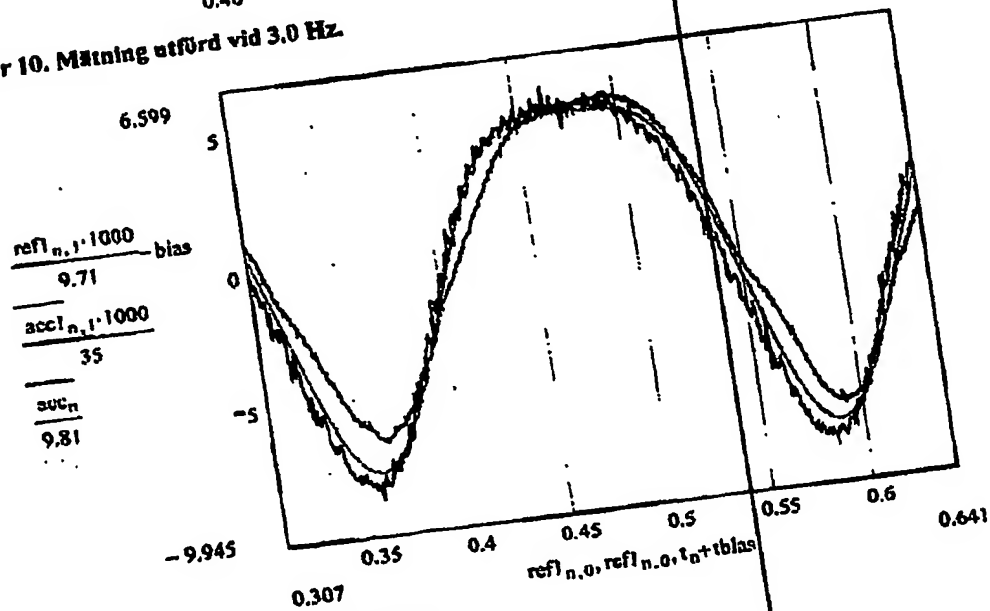
2002-06-20

Hurudfaxen Kossan

11



Figur 10. Mätning utförd vid 3.0 Hz.

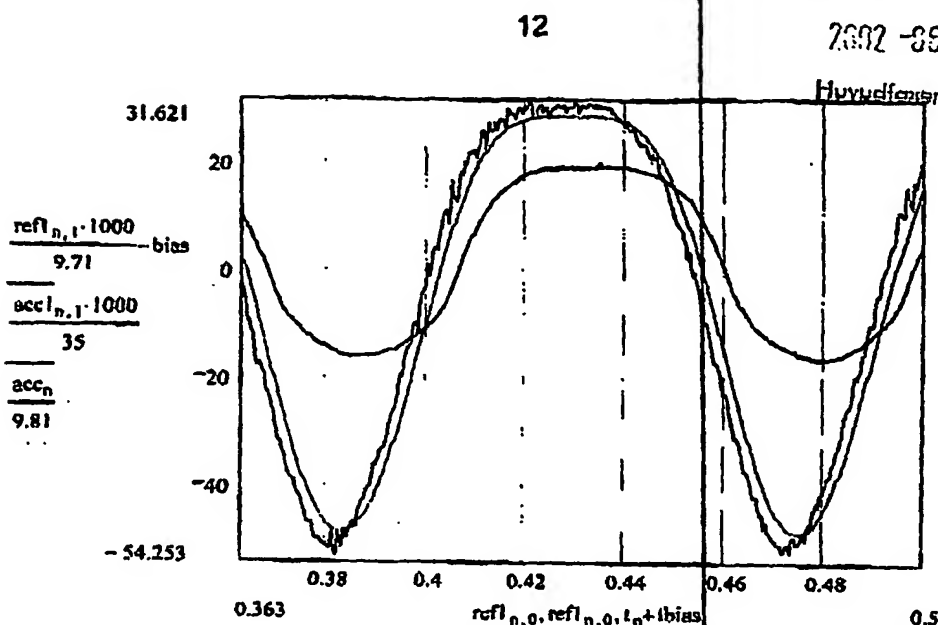


Figur 11. Mätning utförd vid 4.4 Hz.

Ink. t. Patent- och reg.verket

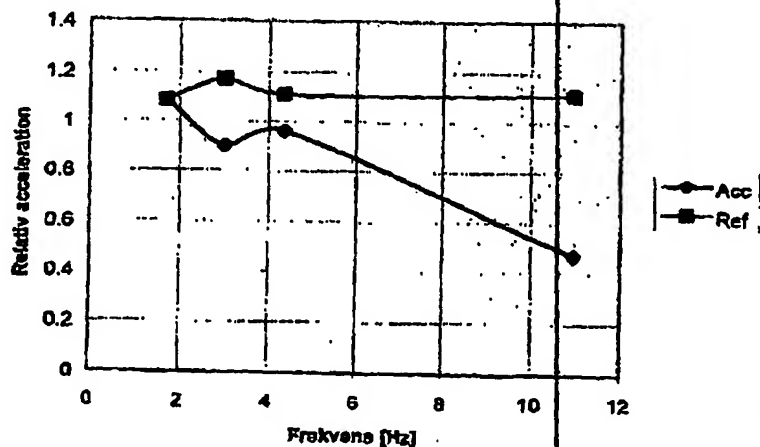
7302 -35- 2 0

Huvudföreläsningen



Figur 12. Mätning utförd vid 10.94 Hz.

Genom att jämföra accelerometrarnas utsignal och relatera dem till den simulerade accelerationen så kan ett frekvenssvar tas fram, se Figur 13.



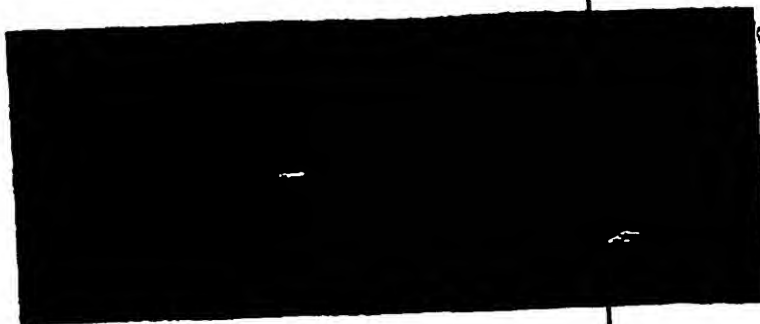
5

Figur 13. Relativt frekvenssvar för referensaccelerometer och framtagen accelerometerprototyp. Den utvecklade accelerometern uppvisar god linearitet ända till den förväntade linearitetsgränsen på 14 G. Det finns ingen anledning att anta någon form av frekvensberoende förrän frekvenserna börjar närma sig resonansfrekvensen vid 80 Hz. Nedgången vid 11 Hz i Figur 13 kan förklaras med att mättnaden är uppnådd.

10

# Utveckling av en prototyp av sensor för akustisk emission

Sid. 13



S. L. Patent- och registreringsverket

2572-83-20

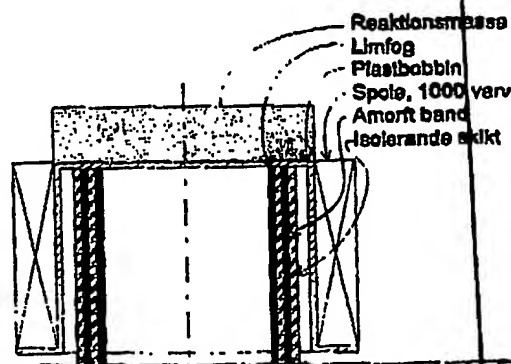
Huvudfaxen Kasean

## Funktionsprincip

Givaren består av ett amorft ferromagnetiskt material som har egenskapen att den kan ges extremt hög permeabilitet,  $5000 < \mu < 200000$ , samtidigt som den, för vissa legeringssammansättningar, har en relativt hög magnetostriktion,  $5 < \lambda_{\text{sat}} < 40$  ppm. Sammantaget säger detta ett material med en mycket hög magneto-elastisk koppling och lämpar sig därför utmärkt som sensormaterial.

Givaren är sammansatt av ett amorft band med storleken  $3 \cdot 18 \cdot 0.022$  mm. Bandet är lindat 2 varv med ett isolerande plastband emellan. Det är mycket viktigt att bandets olika lager inte har elektrisk kontakt med varandra eftersom bandet då skulle fungera som en kortsluten sekundärlindning. Den resulterande aktiva cylindern är limmad påmätobjektet med en tunn limfog och mot botten hos en skåformig plastbobb in på andra sidan. På plastbobbens botten finns en reaktionsmassa fastsatt medan en 1000-varvig spole är lindad på dess sidoyta.

Denna givarprincip lämpar sig bäst för detektering av dynamiska förlopp eftersom endast en spole finns. Genom att använda 2 spolar kopplade i en halvbrugga<sup>1</sup> så uppnås fördelarna att effekterna av alla störningar (luftburna elektromagnetiska vågor etc) och variationer orsakade av externa, globala företeelser (värme, magnetfält, etc) som uppkommer symmetriskt i förhållande till spolarna kommer att reduceras/elimineras.



**Figur 1. Principskiss för en möjlig realisation av en accelerometer eller AE<sup>2</sup>-sensor baserad på amorfa material.**

Reaktionsmassan, som är uppfäst på plastbobbens botten ger en reaktionskraft på den aktiva cylindern som är proportionell mot accelerationen och massan. Detta ger en stabil och...

helst. Frekvensprestandan bestäms i huvudsak av cylinderns styvhet samt reaktionsmassans massa.

Sid 14

## Teori

För att detektera högfrekventa signaler är det fördelaktigt och enkelt att bara detektera flödesförändringen och anta att den är proportionell mot storleken av deformationen på bandet. Detta innebär att ett magnetiskt väldefinierat utgångstillstånd måste uppnås eftersom ett omagnetiserat band inte ger någon flödesförändring vid töjningsförändring.

För att uppnå ett magnetiserat grundtillstånd såräcker i princip det jordmagnetiska fältet på 30-60  $\mu\text{T}$  (20-40 A/m), däremot sår det opraktiskt att behöva ha koll på riktningen och storleken på det jordmagnetiska fältet när en givare skall monteras och kalibreras.

Det finns två sätt att uppnå ett bra initialtillstånd:

1. Mjukmagnetisk kapsling och DC-ström genom pick-up spolen.
2. Mjukmagnetisk kapsling och Biasmagnetisering med permanentmagnet.

Storleken på fältet bör vara så att magnetiseringen blir 0.2-0.7 T, vilket innebär att det magnetiserande fältet i bandet skall vara i storleksordningen 2-56 A/m. Storleken på fältet kan överslagsmässigt räknas fram genom formeln

$$H = \frac{B}{\mu_0 \cdot \mu}$$

där H är magnetiserande fält, B är magnetisk flödestätthet, permeabiliteten för fria rummet  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Vs/Am}$  och den relativa permeabiliteten  $\mu$  för, i detta fall, det amorfa bandet.

Mättsignalen fås genom att detektera flödesförändringen i bandet p.g.a. töjning/kompression. För det linjära fallet sår bör följande kopplade ekvation beskriva funktionen:

$$\Delta B = d \cdot \Delta \sigma + \mu_0 \cdot \mu \cdot \Delta H$$

Där  $\sigma$  betecknar mekanisk spänning och d är den magneto-elastisk kopplingskoefficienten. Prefixet  $\Delta$  betecknar förändring från ursprungsvärdet.

Materialparametern d kan approximeras genom att ta maximal magnetostriktion vid konstant mekanisk spänning,  $\Delta \sigma = 0$ , dividerat med magnetiserande fält vid magnetisk mättnad, d.v.s.

$$\frac{\lambda_{\text{max}}}{H_{\text{max}}} = d$$

eftersom

$$\Delta \lambda = \frac{\Delta \sigma}{E^H} + d \cdot \Delta H$$

vilket med  $\lambda_{\text{max}} = 35 \cdot 10^{-6}$  och  $H_{\text{max}} = 200 \text{ A/m}$  ger kopplingsfaktorn  $d = 1.75 \cdot 10^{-7} \text{ m/A}$ , ett mycket högt värde för all typ av magneto-elastisk koppling.

Den utsignal som kan förväntas är proportionell mot flödesförändringen och den mekaniska spänningen

Ink. i. Företag och reg.verket

0562 -95- 2 0

Huvudfaxen Kessan

sid 15

$$U(t) = N \cdot A \cdot \frac{dB}{dt}$$

där  $N$  är antal varv i pick-up spolen och  $A$  är det amorf bandets tvärsnittsarea. Genom antagandet att  $\Delta H = 0$  så gäller följande ekvationer:

$$\begin{cases} \Delta \sigma = \Delta \lambda \cdot E^H \\ \Delta B = d \cdot \Delta \sigma \end{cases}$$

där  $E^H$  är elasticitetsmodulen vid konstant magnetiserande fält. Övergång till frekvensplanet samt utnyttjande av ekvationerna ovan ger:

$$\dot{U} = |N \cdot A \cdot \omega \cdot d \cdot \Delta \lambda \cdot E^H|$$

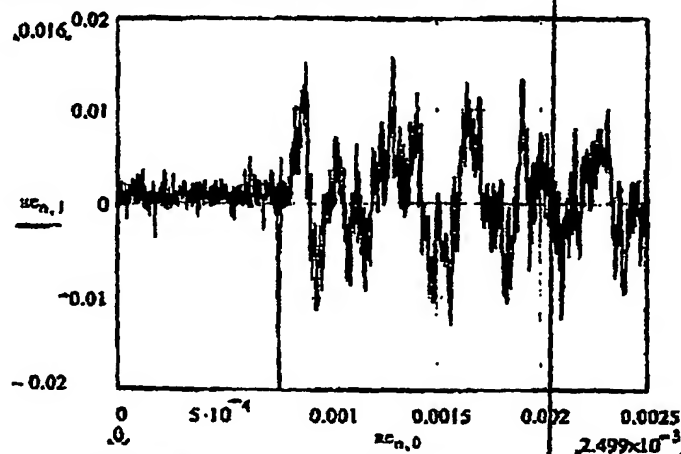
där  $\omega$  är vinkelfrekvensen i rad/sek. Cirkumflexet anger att amplitudvärde avses.

## Mätresultat

Spolen som mätts upp har 650 varv, vilket ger induktansen 3.2 mH. Resonansfrekvensen kan räknas ut som:

$$f_{res} = \sqrt{\frac{k}{m}} \cdot \frac{1}{2\pi}$$

vilket, med antagandet att elasticitetsmodulen är 100 GPa, den aktiva cylinderns höjd 3 mm samt tvärsnittsarea  $2 \cdot 3 \cdot \pi \cdot 0.022 \text{ mm}^2$  och reaktionsmassan 4 gram, ger en resonansfrekvens på ca 10 kHz. Figur 2 visar en 50 ggr förstärkt utsignal från givaren när den suttit monterad på ett stort järnämne och exciterats med ett hammarslag.



Figur 2. AE-sensors utsignal vid transient excitering.

En frekvensanalys på tidsserien i Figur 2 visar att signaler upp till ca 5 kHz förekommer bredbandigt, därefter finns det en distinkt topp vid 8 kHz och en vid 60 kHz. Det verkar sannolikt att 8 kHz-signalen är givar-resonansen medan 60 kHz signalen är det som traditionellt kallas akustisk emission, d.v.s. transient frigörande av energi vid t.ex materialdeformation. Det bredbandiga signalinnehållet under 5 kHz är vibrationer på provkroppen.



16

Ink. t. Patent- och reg.verket

2002-06-20

Huvudtaxen Kassan

## PATENTKRAV

1. Sätt för avkänning och indikering av såväl temporära som bestående tillståndsavvikelser i form av inre materialsvängningar i realtid i detaljer av betydelse för hårdvarukonstruktion, inom befintlig produktionsutrustning, tex. maskinutrustning, och/eller övervakning av sedan tidigare uppbyggd infrastruktur,

k ä n n e t e c k n a t av att ett eller flera åtminstone omkring 20  $\mu\text{m}$  tjocka amorfa eller nanokristallina bandelement med hög permeabilitet och relativt hög magnetostriktion appliceras vid en aktuell detalj, vilket/vilka respektive bandelement åtminstone partiellt omges av en mångvarvlig spole, varvid sådana atomära rörelser, som uppkommer vid en godtycklig sådan tillståndsavvikelse (deformation), överföres till bandelementet/en, vilken antingen ger upphov till en tydligt mät och detekterbar magnetisk flödesförändring ( $dB/dt$ ) i spolen i proportion till sagda atomära rörelser, eller en likaledes mät- och detekterbar induktansförändring i spolen/spolarna.

2. Sätt enligt krav 1, kännetecknat av att, en bärvåg (elektrisk spänning) med liten amplitud, exempelvis 20 KHz, lägges över spolen/spolarna, varvid för ren deformation strömmen över spolen mätes eller för mätning med flera bryggkopplade spolar, spänningsskillnaden mellan par av bryggkopplade spolar mätes, varvid dessa storheter är huvudsakligen proportionella till den mekaniska spänningen i bandet/banden.

3. Anordning för avkänning och indikering av såväl temporära som bestående tillståndsavvikelser i form av inre materialsvängningar i realtid i detaljer av betydelse för hårdvarukonstruktion, inom befintlig produktionsutrustning, tex. maskinutrustning, och/eller övervakning av sedan tidigare uppbyggd infrastruktur,
- k ä n n e t e c k n a t av att den omfattar ett eller flera åtminstone omkring 20  $\mu\text{m}$  tjocka amorfa eller nanokristallina bandelement med hög permeabilitet och relativt hög magnetostriktion, vilket/vilka för uppnående av en önskvärd materialstruktur är behandlat med

17

magnetisk värmebehandling, vilket/vilka bandelement är omgivna av  
mångvarviga spolar, varvid sådana atomära rörelser, som uppkommer  
vid en godtycklig sådan tillståndsavvikelse (deformation), genom att de  
övergår till bandelementet/en, vilken antingen ger upphov till en tydligt  
mät och detekterbar magnetisk flödesförändring ( $dB/dt$ ) i spolen i  
proportion till sagda atomära rörelser, eller en likaledes mät- och  
detekterbar induktansförändring i spolen/spolarna.

4. Anordning enligt krav 4, kännetecknad av att bandelementet/en med  
tillhörande spole/-ar är inneslutna i en i elastiskt deformierbar  
epoxipolymer.
5. Anordning enligt krav 3 eller 4, kännetecknad av att bandelementet/en  
och spolen/-arna limas fast vid föremålet vars limmas på föremålet  
vars tillståndsavvikelser skall detekteras.
6. Anordning enligt något av kraven 3 till 5, kännetecknad av att den kan ges  
olika känslighet i beroende på detekteringsriktningens orientering i  
förhållande till valsningsriktningen hos bandelementet/en som en följd  
av riktningens beroende egenskaper materialet.
7. Anordning enligt något av kraven 3 till 6, kännetecknad av att  
bandelementen med tillhörande spolar är brygg- och  
förstärkarkopplingade för att öka känslighet och detekterbarhet.
8. Anordning enligt något av kraven 3-7, kännetecknad av att den realiseras  
som glaskrossindikator, accelerometer, givare för akustisk emission  
eller belastningsindikator.

18

Ink. t. Patent- och reg.verket

2002-06-20

Huvudkonton Kassen

**SAMMANDRAG**

- Sätt och anordning för avkänning och indikering av såväl temporära som bestående tillståndsavvikelser i form av inre materialsvängningar i realtid tid i
- 5 detaljer av betydelse för hårdvarukonstruktion, inom befintlig produktionsutrustning, tex. maskinutrustning, och/eller övervakning av sedan tidigare uppbyggd infrastruktur. Ett eller flera åtminstone omkring 20  $\mu\text{m}$  tjocka amorfa eller nanokristallina bandelement med hög permeabilitet och relativt hög magnetostriktion appliceras vid en aktuell detalj, vilket/vilka respektive
- 10 bandelement åtminstone partiellt omges av en mångvarvig spole, varvid sådana atomära rörelser, som uppkommer vid en godtycklig sådan tillståndsavvikelse (deformation), överföres till bandelementet/-en. Detta ger upphov till antingen en tydligt mät- och detekterbar magnetisk flödesförändring ( $dB/dt$ ) i spolen i proportion till sagda atomära rörelser, eller en likaledes mät- och detekterbar
- 15 induktansförändring i spolen/spolarna.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**